

ANÁLISIS DEL PROGRAMA *CALI CÓMO VAMOS*. ASPECTOS AMBIENTALES

MARIO ANDRÉS GANDINI

Introducción

El presente documento corresponde al análisis de los aspectos ambientales contemplados en el programa *Cali Cómo Vamos*, tanto en lo que se refiere a la encuesta de percepción ciudadana, como al informe de calidad de vida. El propósito fundamental de este ejercicio es llevar a cabo un paralelo entre la situación ambiental del municipio y la percepción de la ciudadanía frente a la misma.

Para ello, inicialmente se presenta un marco conceptual para abordar el tema de la *sostenibilidad urbana*. Las ciudades son estructuras complejas que en su metabolismo disipan grandes cantidades de energía libre. Esta se materializa en la generación de emisiones atmosféricas, aguas residuales domésticas, residuos sólidos y calor. Además, la disipación de energía de los centros urbanos es responsable, en buena medida, del cambio global y del cambio climático. A partir de este carácter disipador de energía libre, se deduce que una ciudad no puede ser sostenible en sí misma, sino que naturalmente requiere de la región o de las regiones que la sustentan. Es así como, en el marco de regiones sostenibles, las ciudades juegan un papel fundamental y deben orientar sus esfuerzos hacia la optimización en el uso de la energía libre y la minimización de la producción de todo tipo de emisiones. En estos dos sentidos, entonces, se debe estructurar la política ambiental de la ciudad (Kleidon, 2012; Zvirezhev, 2000).

Una vez presentado el marco conceptual para la sostenibilidad de las ciudades, se procede a analizar la situación ambiental del municipio teniendo en cuenta las variables trabajadas en el informe de calidad de vida del programa *Cali Cómo Vamos*; es decir, la contaminación atmosférica, la disponibilidad del recurso hídrico, el manejo de los residuos sólidos y la contaminación acústica. Sobresalen en esta panorámica las fuentes móviles como mayores contribuyentes a la generación municipal de gases efecto invernadero, la contaminación de los ríos de la ciudad por vertimientos directos de aguas residuales y

la disposición final como única alternativa tecnológica para el manejo de los residuos sólidos domésticos, desconociendo otras opciones que se enfocan en el tratamiento y el aprovechamiento.

Seguidamente, los datos de calidad ambiental mencionados se contrastan con la información de percepción ciudadana obtenida en las encuestas de percepción del programa *Cali Cómo Vamos*. Se encuentra que la ciudadanía, en términos generales, no está satisfecha con la gestión ambiental municipal. De otra parte, no hay correspondencia entre los problemas ambientales más significativos (de acuerdo con los datos objetivos presentados en el informe de calidad de vida) y la importancia relativa que la ciudadanía confiere a cada uno de los mismos.

Finalmente, se concluye el documento con unas observaciones y recomendaciones para la formulación de una política ambiental municipal, que van desde medidas de mitigación y adaptación al cambio climático, hasta iniciativas para la reducción de las huellas de carbono y la huella hídrica.

Marco conceptual para una ciudad sostenible

El cambio climático global ha emergido y se ha posicionado como el tema ambiental de mayor importancia en el siglo XXI. Esto se debe a que el cambio climático global abarca los problemas ambientales locales: en un sentido, los conflictos ambientales locales son factores generadores del cambio climático, y, en el sentido contrario, el cambio climático global, a través de sus manifestaciones, repercute y agudiza los conflictos ambientales locales. Resulta un hecho incontrovertible que en los últimos años el discurso ambiental ha migrado del concepto de desarrollo sostenible hacia las políticas de mitigación y adaptación al cambio climático. Tal vez aquellos propósitos que impusieron al desarrollo sostenible en la vanguardia de la agenda ambiental, a partir de la Cumbre de la Tierra en 1992, se fueron diluyendo por los escasos logros en materia de reducción efectiva de emisiones de gases efecto invernadero por parte de los países con las mayores generaciones del mismo, y por las evidencias cada vez más sólidas sobre la realidad del cambio climático.

El fenómeno denominado cambio climático global es una consecuencia de la intervención antrópica sobre el ciclo biogeoquímico del carbono. La extracción de carbono acumulado durante millones de años en

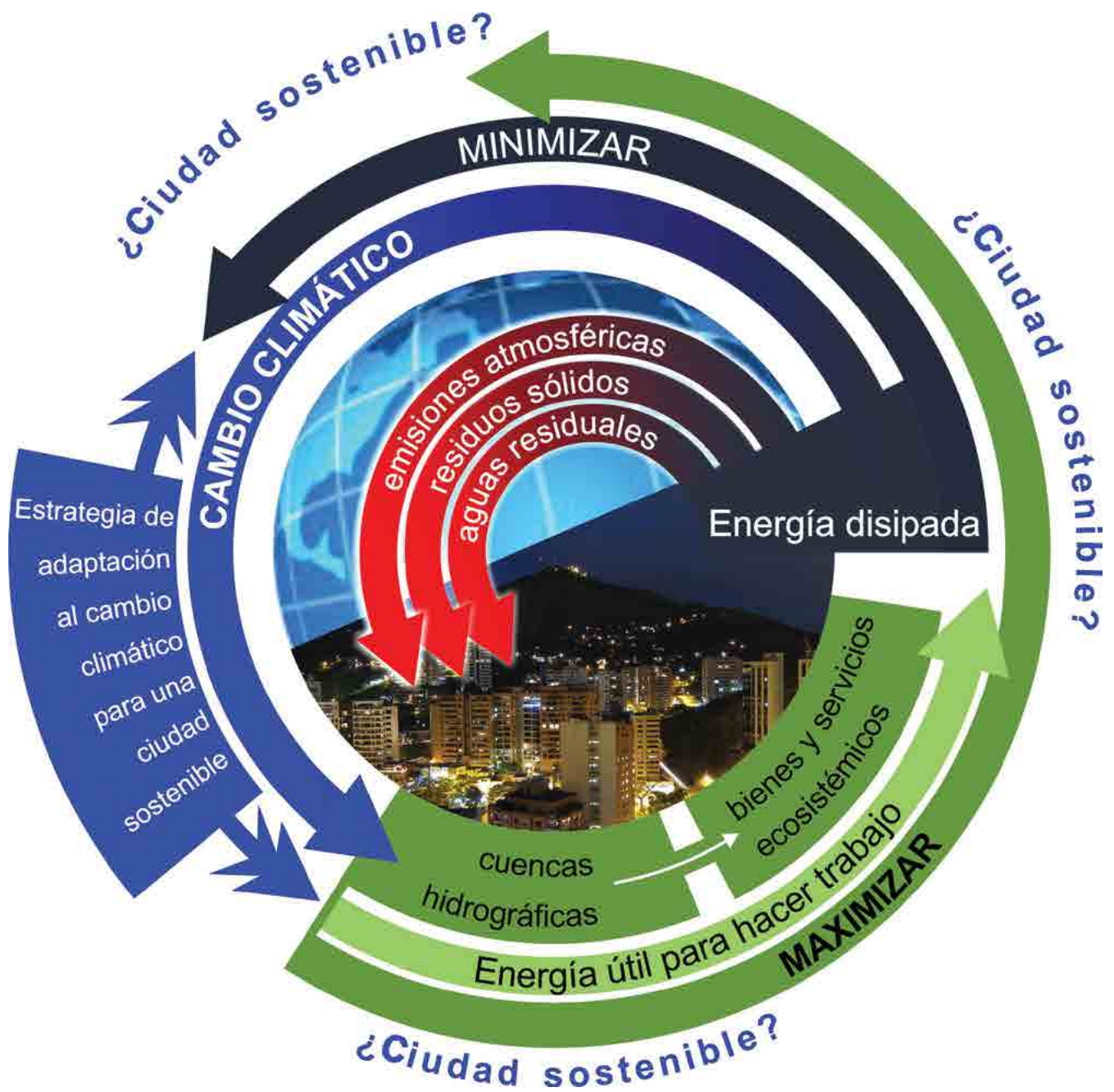
la litosfera (combustibles fósiles) y las consecuentes emisiones de este a la atmósfera, ha ocasionado un aumento muy vertiginoso en la presencia de CO₂ y otros gases en la atmósfera que no puede ser compensado por las tasas naturales de captura y almacenamiento de estos gases por parte de los océanos y las coberturas vegetales, trayendo los efectos sobre el clima conocidos como cambio climático global. Ha sido, entonces, tan significativo el impacto sobre este ciclo natural, que la atención en este momento está centrada en la mitigación y la adaptación al cambio climático (Lineweaver & O'brien, 2015).

En este contexto actual de búsqueda de salidas orientadas hacia la mitigación y la adaptación al cambio climático, las ciudades juegan un papel preponderante, debido a la enorme contribución que las mismas hacen a la emisión de gases efecto invernadero. De hecho, la ciudad representa la estructura no sostenible por antonomasia. Así, una ciudad se puede representar como un sistema que disipa grandes cantidades de energía útil como consecuencia del elevado número de funciones que lleva a cabo en su interior. De esta manera, mientras la energía útil que entra al sistema de la ciudad corresponde al flujo de alimentos, agua, materias primas, combustibles, y productos de toda índole que abastecen la misma, la disipación de dicha energía se presenta en términos de flujos contaminantes, ya sea como emisiones atmosféricas, vertimientos de aguas residuales o generación de residuos sólidos (Kleidon, 2012; Zvirezhev, 2000).

De lo anterior se desprende que una ciudad requiere, absolutamente, de dos funciones del entorno para poder realizar sus diversas operaciones: la función abastecedora a través de la cual se provee de energía útil al sistema ciudad, y la función receptora que recibe y asimila la energía disipada. En la Figura 1 se ilustra el concepto mencionado. Se observa, entonces, cómo el metabolismo urbano conlleva serios efectos sobre el ciclo del carbono al emitir grandes cantidades de gases efecto invernadero, impactando así la función receptora negativamente. Este impacto se transfiere después a la función abastecedora afectando la disponibilidad de energía útil.

En la figura también se puede identificar hacia dónde se deben fijar los objetivos de las políticas ambientales de mitigación y adaptación al cambio climático. Se reconocen, por tanto, las medidas para maximizar la oferta abastecedora, y, paralelamente, las acciones para minimizar las emisiones, los vertimientos y la generación de residuos sólidos.

Figura 1. Ciudad y sostenibilidad



Fuente: elaboración propia.

La calidad ambiental en la ciudad de Cali

El programa *Cali Cómo Vamos*, a través del informe de calidad de vida, considera en la dimensión ambiental las siguientes variables de análisis: la calidad de aire, la generación de gases efecto invernadero,

la contaminación hídrica (en términos de la calidad de agua de los ríos que atraviesan la ciudad) y la contaminación auditiva. En este apartado se analiza la situación actual de la ciudad para cada una de estas variables, empleando la información de *Cali Cómo Vamos*.

Calidad de aire y contaminación atmosférica

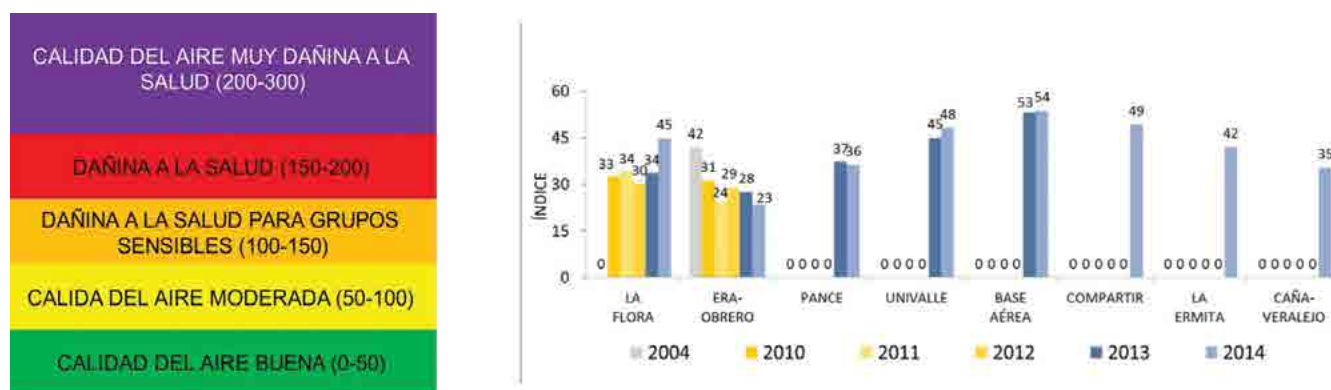
En términos de contaminantes atmosféricos, la ciudad presenta dos tipos de fuentes: primero, las fuentes fijas, que a su vez pueden ser fuentes puntuales o fuentes de áreas, representadas por el sector industrial y por el sector de servicios públicos de alcantarillado y aseo; segundo, las fuentes móviles, asociadas a los medios de transporte. La contaminación atmosférica originada en la ciudad supone impactos ambientales en dos escalas. En primer lugar, en una escala inferior a los 4 km de la fuente generadora, los denominados contaminantes criterio (tales como: material particulado, óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre, ozono) pueden configurar un riesgo sanitario para la población expuesta. En segundo lugar, los gases efecto invernadero que se producen en la ciudad contribuyen al fenómeno conocido como cambio climático, que es la manifestación más contundente del llamado cambio global (Ghul, 2015). En otras palabras, mientras los impactos asociados a la primera escala local son un asunto de salud pública, los efectos de la generación de gases efecto invernadero se sienten a escala global.

En lo que se refiere a la escala de impacto por contaminación atmosférica asociada a la salud pública, el programa *Cali Cómo Vamos* reporta información suministrada por el DAGMA sobre la calidad de aire en la ciudad. Para este propósito, el DAGMA cuenta con una red de monitoreo constituida por ocho estaciones, de las cuales, en el momento, únicamente están en funcionamiento tres. En la Figura 2 se presenta el índice de calidad de aire calculado para las ocho estaciones de monitoreo, aunque se evidencia que falta información de varios años para la mayoría de las estaciones. Más aún, hay estaciones en las cuales solo se cuenta con información del año 2014 (Cañaveralejo, La Ermita y Compartir). El índice de calidad de aire es un indicador que se consolida en un solo valor cuantitativo, a partir de las concentraciones medidas de los contaminantes criterio. De esta manera, el índice de calidad de aire permite identificar el estado general de una determinada zona, en términos de exposición a contaminantes atmosféricos, sin precisar el aporte individual de cada uno de los contaminantes criterio. Esta metodología desarrollada por la EPA (autoridad ambiental de los Estados Unidos), establece, entonces, una escala cualitativa que, a través de unos rangos, indica

cuál es el riesgo sanitario potencial para el valor del índice del aire calculado. Así, en la Figura 2 se observa cómo el índice de calidad de aire reportado por el DAGMA se encuentra en el rango de buena calidad para todas las estaciones de monitoreo, a excepción de la Base Aérea, cuyos valores se encuentran en el límite inferior del rango de calidad moderada.

Estos valores máximos encontrados en la estación de la Base Aérea se deben a la cercanía de la misma con la zona industrial de Cali. Llama la atención, de otra parte, los valores reportados en la estación Univalle, que se encuentran en el límite superior del rango de buena calidad. En este caso, la responsabilidad puede ser atribuida a las fuentes móviles. Esta afirmación encuentra sustento en el alto tráfico vehicular que presenta la zona sur de la ciudad, como consecuencia del asentamiento de las universidades y de un número elevado de colegios.

Figura 2. Índice de calidad de aire en algunas estaciones de monitoreo

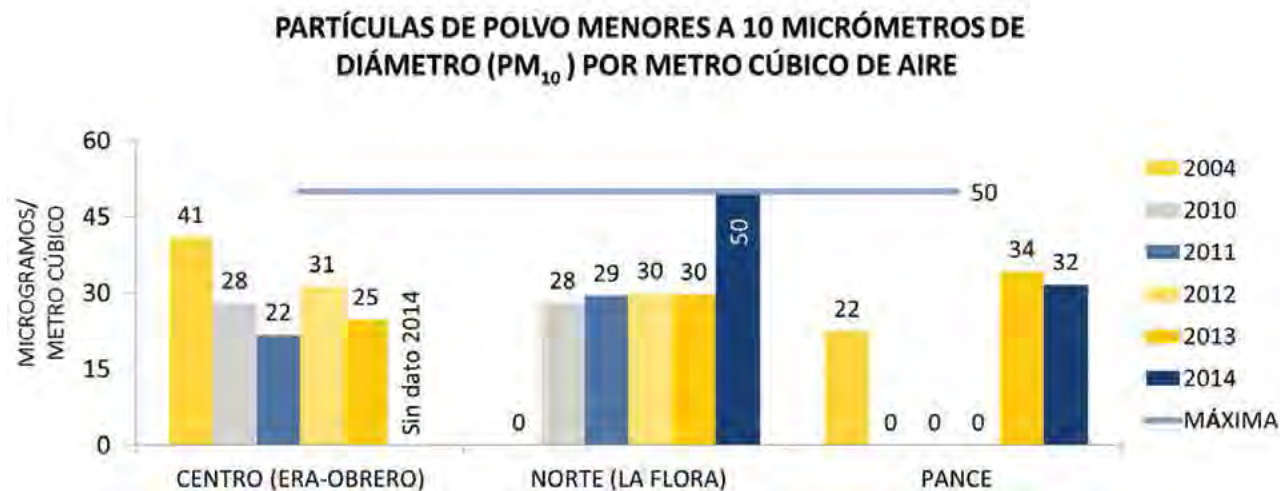


Fuente: DAGMA. Presentada en el informe de Calidad de Vida, del programa *Cali Cómo Vamos*, 2014.

En el Informe de Calidad de Vida se presentan, adicionalmente, las concentraciones de material particulado reportadas en solo tres estaciones de monitoreo, entre las cuales no figuran las estaciones de la Base Aérea y de Univalle, que son aquellas con mayor índice de calidad de aire, tal como se pudo observar en la Figura 3. Para las tres estaciones reportadas (Centro, La Flora y Pance), los valores de las concentraciones de material particulado se encuentran por debajo del límite permisible establecido por la norma colombiana. En la Figura 4 se presenta una comparación entre algunas ciudades colombianas, en lo que se refiere a concentraciones de PM_{10} , en donde Cali figura con las concentraciones más bajas. Sin embargo, el análisis para este

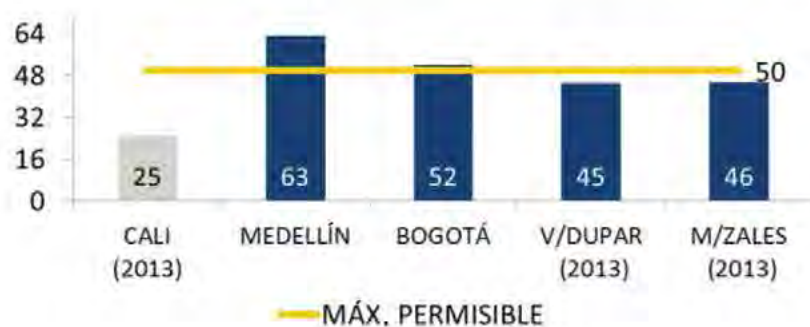
parámetro de calidad de aire se queda corto al no presentarse en el informe los valores de las estaciones Base Aérea y Univalle. En dicho informe no es claro que, en el caso del valor consolidado para Cali, estén incluidos los valores de las dos estaciones mencionadas, que son las que peor calidad de aire reportan, de acuerdo con el índice de calidad. Además de las tres estaciones que presentan concentraciones de PM_{10} , Pance y Centro tienen la mejor calidad de aire monitoreado en la ciudad, según el índice de calidad. Se podría, en este sentido, deducir que el valor consolidado de PM_{10} para la ciudad de Cali ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) estaría siendo subestimado. Resulta, por tanto, necesario establecer cuál es el peso del material particulado en la estimación del índice de calidad de aire, y determinar si hay correspondencia entre los valores elevados del índice y las concentraciones de material particulado. Si esto último fuera el caso, entonces se podría esperar que las concentraciones de PM_{10} en las estaciones Base Aérea y Univalle (no reportadas) fueran superiores al valor de la norma ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y, en consecuencia, el valor consolidado para Cali también.

Figura 3. Material particulado (PM_{10}) en algunas estaciones de monitoreo



Fuente: DAGMA. Presentada en el informe de Calidad de Vida, del programa *Cali Cómo Vamos*, 2014.

Figura 4. Material particulado en algunas ciudades colombianas



Fuente: Red Colombiana de Ciudades Cómo Vamos.
Presentada en el Informe de Calidad de Vida, 2014.

Pasando ahora a la escala global de los efectos de la contaminación atmosférica originada en la ciudad, se tiene que Cali emite 4.550.683 toneladas de CO₂ equivalente al año (Convenio DAGMA - UAO, 2013), lo que representa una producción per cápita de gases efecto invernadero de aproximadamente dos toneladas de CO₂ por habitante al año. En la Tabla 1 se presenta la contribución por sector a esta huella de carbono municipal. Sobresale, como principal aportante, el sector transporte con casi el 70 % de la producción de gases efecto invernadero. Sigue, en importancia, el sector de los servicios públicos con una contribución cercana al 25 % de la huella de carbono. Se evidencia, entonces, que la política de mitigación y adaptación al cambio climático de la ciudad debe, necesariamente, intervenir los dos sectores mencionados, en los cuales se concentra el 95 % de la generación de los gases efecto invernadero de la ciudad.

Tabla 1. Huella de carbono en la ciudad de Cali

SECTOR	Equivalentes en CO2 (ton/año)		
	CO2	CH4	N2O
1. Industrial (factores de emisión por combustible)			
Manufacturero-combustión (DAGMA, 2012)	274.995	148.68	1.658
Manufacturero-combustión (Univalle, 2006 - 2007)	51.817	16.46	232.19
Subtotal	326.812	165.14	1.890
Subtotal CO2eq (ton/año)	328.868		

2. Transporte (factores de emisión por combustible)			
Liviano	1.543.206	5.681	92.876
Medio	395.093	321.30	6.572
Pesado	997.427	1.243.20	62.372
Subtotal	2.935.727	7.245	161.820
Subtotal CO₂eq (ton/año)	3.104.794		
3. Servicios			
PTAR Cañaveralejo	0	346.710	0
Lagunas lixiviados Navarro	0	8.883	0
Sitio de disposición de Navarro	6.146	47.036	0
Gas natural domiciliario	0	52.5	0.1
Energía eléctrica	708.150	0.0	0
Subtotal	714.296	402.664	0.1
Subtotal CO₂eq (ton/año)	1.116.961		
4. Instituciones			
Energía eléctrica	60.37		
Subtotal CO₂eq (ton/año)	60.37		
TOTAL CO₂eq (ton/año)	4.550.683		

Fuente: Convenio DAGMA - UAO (2013).

Disponibilidad del recurso hídrico

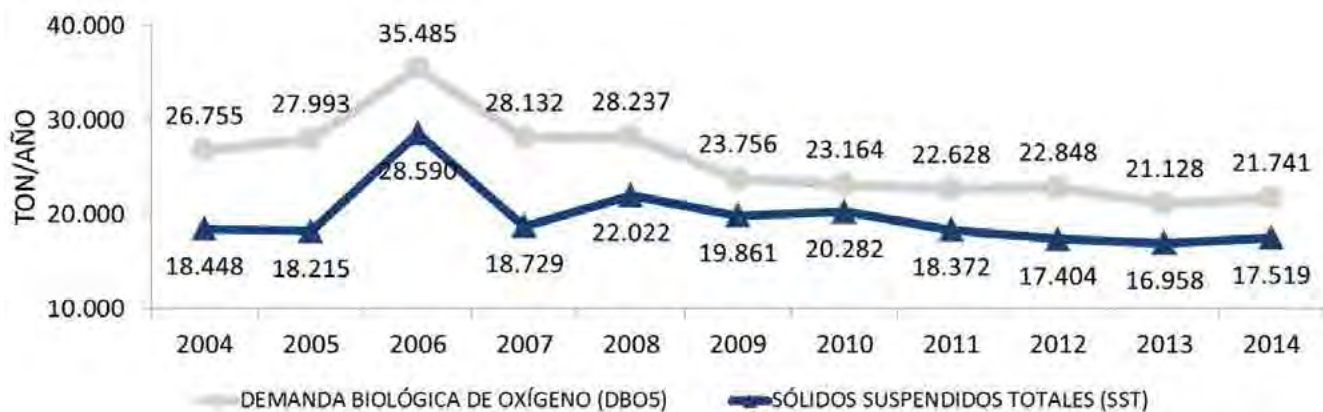
La disponibilidad del recurso hídrico para una determinada ciudad o región está determinada por dos variables: la cantidad y la calidad del agua. Estas variables, a su vez, dependen del estado de las cuencas hidrográficas, en relación con el ordenamiento territorial de las mismas y de los usos del suelo derivados de dicho ejercicio (MAVDT, 2010). Aunque parezca un sin sentido, teniendo en cuenta el número de ríos que atraviesan la ciudad, y el caudal del río Cauca como afluente principal, Cali sufre un problema crónico de abastecimiento de agua.

Este problema es la consecuencia de la ausencia de un ordenamiento territorial planificado con criterios de sostenibilidad en la cuenca alta y medio-alta del río Cauca. Los picos de turbiedad y de materia orgánica (traducidos en una disminución drástica del oxígeno disuelto del río) que se presentan en el río y que obligan al cierre de la operación de las plantas de potabilización de Puerto Mallarino y Río

Cauca son, por tanto, un efecto del altísimo grado de intervención de la cuenca, lo cual conlleva una pérdida de su capacidad regulatoria del ciclo hidrológico y un arrastre significativo del suelo con los problemas de erosión y de sedimentación de los ríos asociados. Aparte del pobre estado de la cuenca hidrográfica, la carga contaminante sobre el río Cali, ocasionada por la desembocadura del canal CVC Sur, también contribuye de manera relevante en esta situación, evidenciando la deficiente planificación urbana. Sin lugar a dudas, el problema del abastecimiento de agua potable en la ciudad es el mayor obstáculo y el mayor desafío que esta enfrenta en materia de sostenibilidad.

En la imagen Figura 5 se observan las tendencias de las cargas contaminantes que la ciudad aporta al río Cauca, en términos de materia orgánica medida como demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) y de sólidos suspendidos (SST); mientras en la imagen Figura 6 presenta el incremento anual del caudal de aguas residuales domésticas tratado en la PTAR Cañaveralejo. Claramente, se evidencia el impacto positivo en la reducción de las cargas contaminantes en relación con la operación de la PTAR Cañaveralejo, así como la necesidad imperiosa de aumentar las remociones de los contaminantes mencionados, pasando del tratamiento primario avanzado actual a un tratamiento secundario que permita reducciones superiores al 80 % en las cargas orgánica y los sólidos suspendidos (Emcali, 2010).

Figura 5. Cargas contaminantes vertidas al río Cauca por la ciudad de Cali (2004 - 2014)



Fuente: DAGMA. Presentada en el informe de Calidad de Vida, del programa *Cali Cómo Vamos*, 2014.

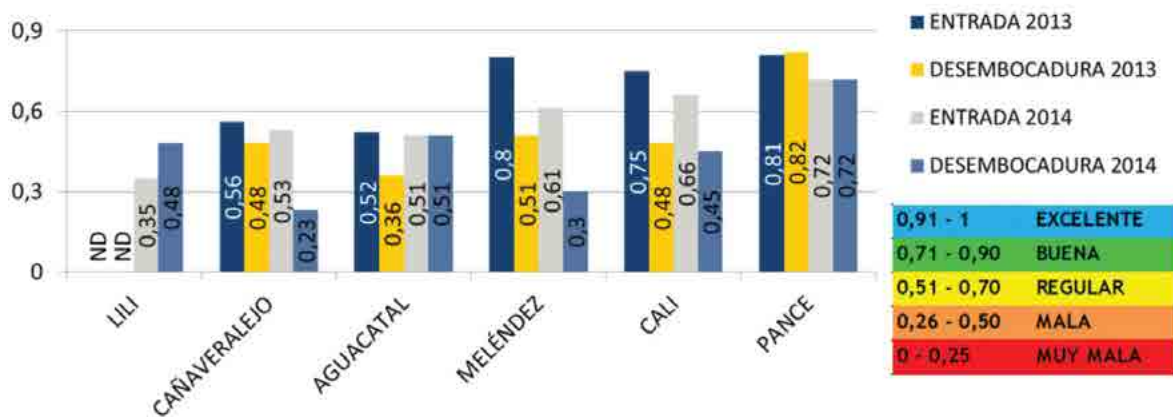
Figura 6. Caudal que será tratado en la PTAR Cañaveralejo
(2003 - 2014)



Fuente: Emcali EICE ES. Datos suministrado por el DAGMA.
Presentada en el Informe de Calidad de Vida, 2014.

Así como acontece con el río Cauca, la ciudad también impacta negativamente la calidad del agua de sus ríos tributarios. En la Figura 7 se muestra la variación del índice de calidad de agua (que es un indicador que agrupa, en un solo valor, parámetros de interés de naturaleza física, química y microbiológica) a la entrada y a la salida de la ciudad para los ríos Lili, Cañaveralejo, Aguacatal, Meléndez, Cali y Pance. Con la única excepción del río Pance, en todos los casos se presenta un deterioro de la calidad del agua a su paso por la ciudad, arrojando valores bajos del índice de calidad de agua en sus respectivas desembocaduras (DAGMA, 2008, 2009).

Figura 7. Índice de calidad de agua en los ríos de Cali (ICA - IDEAM)



Fuente: DAGMA. Presentada en el informe de Calidad de Vida,
del programa Cali Cómo Vamos, 2014.

Otro indicador de la disponibilidad hídrica de un territorio o de una ciudad es la denominada Huella Hídrica (HH). Esta refleja la eficiencia en los diferentes usos del agua para una determinada área de interés (Arévalo, Lozano & Sabogal, 2011; Cinara, 2008). La estimación resulta útil, ya que permite establecer los puntos críticos de la gestión del recurso hídrico hacia donde deben apuntar las políticas de mejoramiento. La Tabla 2 expone los valores obtenidos en el cálculo de la HH del municipio, en la cual se observa que la huella hídrica azul corresponde al 0,4 % de la huella hídrica total que representan los volúmenes directos de agua requeridos para satisfacer las necesidades socioeconómicas de la ciudad. Por otro lado, la huella hídrica gris contribuye en un 99,6 %, como indican los volúmenes agua que se requieren para diluir las concentraciones de DBO y SST que se vierten a los ríos. Se puede inferir, entonces, que la huella hídrica gris de la ciudad de Cali es muy alta, por lo que se deben considerar políticas para disminuir las concentraciones máximas permisibles de los vertimientos. De manera complementaria, en la Tabla 3 se presenta la oferta hídrica del municipio en términos de cantidad.

Tabla 2. Huella hídrica de la ciudad de Cali

Dato		Valor (m ³ /año)
Según el tipo de HH	Huella Hídrica azul total	36.668.270
	Huella Hídrica verde total	281.610.896
	Huella Hídrica gris total	6.376.512.538
	Huella total Cali	6.694.791.704
Según la zona del municipio	Huella Hídrica zona urbana	6.471.650.525
	Huella Hídrica zona rural	223.141.180
	Huella total Cali	6.694.791.705

Fuente: convenio DAGMA - UAO (2013).

Tabla 3. Oferta hídrica de la ciudad de Cali

	Unidad	Valor
Oferta hídrica total agua superficial Cali agua zona urbana - teniendo en cuenta el río Cauca	m ³ /año	8.824.834.971
Oferta hídrica total agua superficial Cali agua zona urbana - sin tener en cuenta el río Cauca	m ³ /año	751.618.971
Oferta de agua subterránea en Cali zona urbana	m ³ /año	82.119.744
Oferta hídrica total agua azul Cali - con río Cauca	m ³ /año	8.742.715.227
Oferta hídrica total agua azul Cali - sin río Cauca	m ³ /año	833.738.715

Fuente: convenio DAGMA - UAO (2013).

Manejo de los residuos sólidos urbanos

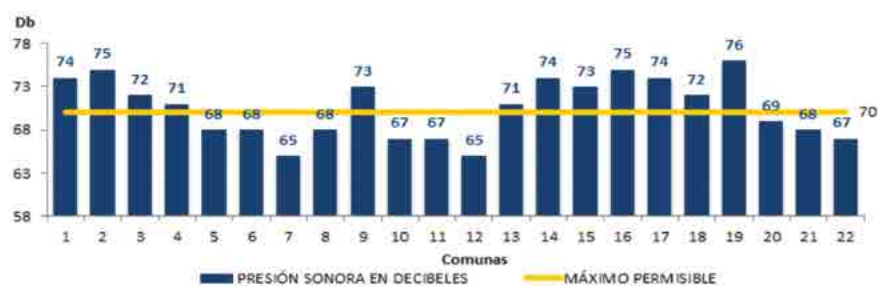
El manejo de los residuos sólidos urbanos en la ciudad se concentra fundamentalmente en la disposición final. De esta manera, dichos residuos, una vez recolectados en las diferentes viviendas, son llevados a la estación de transferencia, ubicada en el corregimiento de Palmaseca, desde donde son conducidos al relleno sanitario Colomba - El Guabal en el municipio de Yotoco.

Dado que la mayor proporción de estos residuos corresponde a materia orgánica [valor que se puede encontrar entre un 60 y un 70 % en peso (DAPM & Univalle, 2006)], en el sitio de disposición final se presentarán reacciones bioquímicas de oxidación de esta última (en función de las condiciones climatológicas de la zona), que traerán consigo la producción de gases y lixiviados que son, a su vez, los causantes de los impactos ambientales más significativos. Estos impactos ambientales pueden extenderse durante periodos muy prolongados y requieren atención tanto en el periodo de operación del relleno como en la fase de posclausura.

Contaminación auditiva

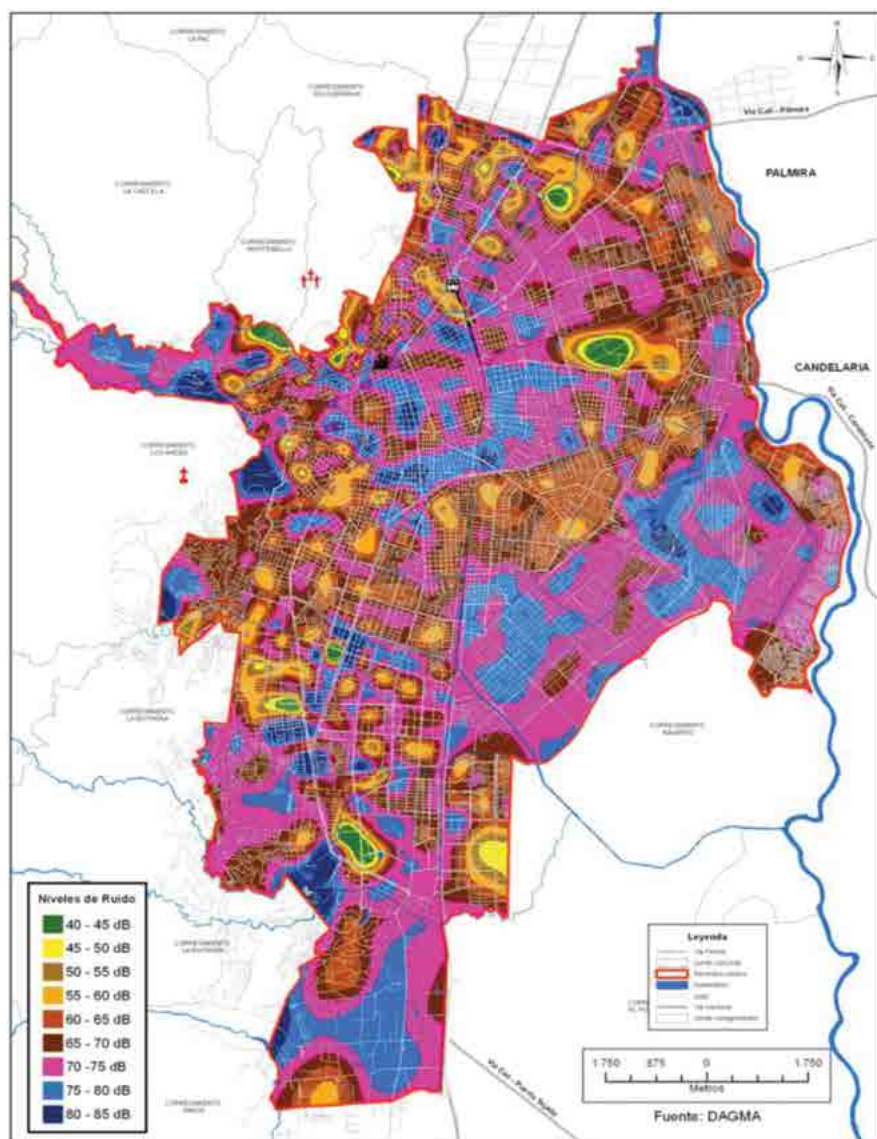
Mientras en la Figura 8 se presenta a continuación expone el nivel de ruido por comuna en la ciudad de Cali, la Figura 9 corresponde al mapa de ruido de la ciudad. Un número elevado de comunas supera el nivel máximo de ruido permisible.

Figura 8. Nivel de presión sonora por comunas en la ciudad de Cali (2011, vigente para el 2010 - 2014)



Fuente: DAGMA (2015).

Figura 9. Mapa de ruido de la ciudad de Cali



Fuente: DAGMA. Mapa de niveles de ruido diurno para Santiago de Cali, 2011.

Percepción ciudadana sobre la calidad ambiental de Cali

En este apartado se discuten algunos resultados de la encuesta de percepción ciudadana llevada a cabo por el programa *Cali Cómo Vamos*, en lo que se refiere a la gestión ambiental municipal. El propósito de este ejercicio es doble: de una parte, identificar las tendencias de las percepciones en el tiempo, y de otra, contrastar dichas percepciones con la situación de la calidad ambiental de la ciudad presentada en el acápite anterior.

El primer aspecto considerado es la satisfacción de la ciudadanía en relación con la gestión ambiental desarrollada por el municipio. En la encuesta de percepción se formuló la siguiente pregunta: “En una escala de 1 a 5, donde 1 es muy insatisfecho(a) y 5 es muy satisfecho(a), ¿qué tan insatisfecho(a) o satisfecho(a) está Usted en cuanto a los resultados de la gestión ambiental en los siguientes temas? (1) La contaminación del aire; (2) La contaminación del agua, ríos, humedales, quebradas; (3) El nivel de ruido de la ciudad; (4) La cantidad de árboles en la ciudad; (5) La contaminación visual de la ciudad; (6) Las basuras en las calles; (7) Los escombros en las calles”. En la Tabla 4 se presenta un consolidado de las respuestas obtenidas por parte de los ciudadanos.

Se observa, entonces, que, con una sola excepción [el ítem (4) en el año 2014], todos los valores reportados en el periodo 2011 - 2014 se encuentran por debajo de 3. Esto indica que, en términos generales, la ciudadanía se encuentra insatisfecha frente a la gestión ambiental municipal. Un segundo aspecto que salta a la vista es que no hay diferencias significativas entre los valores de satisfacción otorgados a los temas ambientales en una línea de tiempo. Las tendencias prácticamente se mantienen constantes en la ventana de observación. Un tercer elemento que resulta curioso es que la gestión ambiental municipal con mejor grado de satisfacción corresponde a la cantidad de árboles de la ciudad, que, como se mencionará en un párrafo siguiente, se encuentra por debajo de los estándares internacionales (estándares per cápita). Esta calificación de la gestión ambiental en este aspecto puede explicarse como un efecto de la percepción ciudadana (ver gráfico Satisfacción de la gestión ambiental municipal) sobre el reciente censo arbóreo de la ciudad de Cali, llevado a cabo por la Universidad Autónoma de Occidente en convenio con la CVC.

Tabla 4. Satisfacción de la gestión ambiental municipal

	MA3 1	MA3 2	MA3 3	MA3 4	MA3 5	MA3 6	MA3 7
2011	2,4	2,5	2,5	2,9	2,5	2,5	2,5
2012	2,4	2,4	2,4	2,6	2,5	2,4	2,4
2013	2,5	2,5	2,5	2,9	2,6	2,4	2,4
2014	2,4	2,4	2,4	3,0	2,5	2,3	2,3

Fuente: elaboración propia a partir de datos de la encuesta del programa *Cali Cómo Vamos*.

Un segundo aspecto analizado corresponde a la priorización de los problemas ambientales por parte de la ciudadanía. En este sentido, la encuesta de percepción considera la siguiente pregunta: “De los temas relacionados con el ambiente contenidos en esta tarjeta, ¿cuáles cree Usted que son los TRES a los que más atención le debería prestar la Administración de la ciudad? Los temas considerados son los siguientes: (1) La congestión vehicular; (2) la contaminación de las fuentes de agua dentro de la ciudad; (3) La calidad de aire en la ciudad; (4) El nivel de ruido en la ciudad; (5) La arborización y zonas verdes de la ciudad; (6) El reciclaje; (7) La contaminación visual de la ciudad; (16) El mal manejo de las basuras”.

En la Tabla 5 se presenta la importancia relativa para cada una de las variables consideradas, con valores que oscilan entre 0 y 1 (siendo 0 ninguna importancia y 1 la mayor importancia), el caso del periodo comprendido entre el 2008 y el 2014. De manera contundente, el aspecto que merece la mayor importancia para la ciudadanía es la congestión vehicular, que ocupa el primer lugar en todos los años (valores que fluctúan entre 0.19 y 0.25). Esta mayor preocupación de la ciudadanía resulta coherente con el principal contribuyente a la huella de carbono municipal, que, como ya se mencionó, corresponde precisamente a las fuentes móviles. Sin embargo, esta percepción contrasta con los datos presentados sobre la calidad de aire. En otras palabras, el tema que genera la preocupación más relevante de la ciudadanía (la congestión vehicular) se asocia con la variable ambiental que reporta mejores desempeños, de acuerdo con la información suministrada por el DAGMA (calidad de aire).

En un segundo nivel de importancia para la percepción ciudadana, en cuanto a la atención que debería prestar la Administración Municipal, se ubican, con tendencias muy similares entre sí, la contaminación

de las fuentes hídricas (2), la calidad de aire (3) y el nivel de ruido (4). Llama aquí poderosamente la atención que para la percepción ciudadana pareciera no haber correlación entre la contaminación de las fuentes hídricas (en particular, el río Cauca) y los frecuentes cortes del suministro de agua potable producida en las plantas de Puerto Mallarino y Río Cauca. Se debe subrayar aquí cómo la carga contaminante del canal CVC-Sur sobre el río Cauca es uno de los principales responsables del cese de la operación de las plantas de potabilización señaladas.

Si bien el nivel de importancia de la contaminación auditiva, de acuerdo con la percepción ciudadana, se ubica en un nivel medio, se debe indicar cómo el mayor número de quejas que el DAGMA recibe corresponde precisamente a quejas por ruido. Se esperaría, en concordancia con este dato, una mayor importancia relativa de la contaminación auditiva; hecho que finalmente no se presenta. De otra parte, sí se encuentra correspondencia entre la importancia relativa que los ciudadanos le otorgan a la calidad de aire y los índices de la misma reportados por el DAGMA (mencionados en la sección anterior).

El último nivel de importancia para los ciudadanos, a partir de los temas ambientales propuestos, corresponde a la arborización y zonas verdes de la ciudad (5), reciclaje (6) y contaminación visual de la ciudad (7); todos ellos con importancia relativa menor a 0.1. Teniendo en cuenta que Cali arrastra un déficit arbóreo significativo [mientras los estándares ambientales sugieren como aceptable que por cada tres habitantes haya un árbol, en Cali hay un árbol por cada ocho habitantes (convenio CVC - UAO)], no hay correspondencia con la baja importancia reportada frente a este aspecto. Pareciera que la percepción ciudadana no encontrara en el déficit arbóreo de la ciudad un elemento prioritario de atención por parte de la Administración Municipal. De igual manera, la contaminación visual, que se agudiza en periodos electorales, tampoco figura como un elemento preocupante para la ciudadanía.

En estas mismas proporciones, el tema del reciclaje (6) no merece a la percepción ciudadana mayor interés. Esto va de la mano con una marcada práctica nacional de no aprovechamiento de los residuos sólidos. Es un hecho que desde hace décadas la política nacional para la gestión de estos se ha orientado, equivocadamente, hacia la disposición final, dejando a un lado el tema del tratamiento y aprovechamiento. En este sentido, resulta interesante la tendencia de

la percepción ciudadana en relación con el manejo de los residuos sólidos (16). Mientras en los años 2008 y 2009 este aspecto ocupaba los primeros lugares de interés ciudadano, en los últimos años este interés ha ido disminuyendo. Una explicación probable a esta situación radica en que el cierre del botadero de Navarro ocurrió en junio del 2008. En ese año, así como en el 2009, el tema de la disposición final de residuos sólidos ocupó un lugar central en la prensa, dado que la CVC decretó el cierre definitivo del sitio de disposición final. Una vez entró en operación el relleno sanitario de Colomba - El Guabal (ubicado en el municipio de Yotoco), el interés público por el tema claramente disminuyó. Esta tendencia pareciera confirmar que, en lo que se refiere a residuos sólidos domésticos, mientras haya un sistema de recolección eficiente que lleve –literalmente– los residuos de la casa fuera de la ciudad, no hay inconveniente alguno para la ciudadanía.

Sin embargo, esta percepción dista, significativamente, de los efectos ambientales generados por la disposición final de residuos sólidos, ya que lo que está ocurriendo es simplemente una transferencia de tales impactos en el espacio y en el tiempo. Es así como, al transportar los residuos sólidos domésticos de un centro urbano a un sitio de disposición final, se transfiere el problema de un sitio a otro y de un momento a otro: de una parte, ya no se van a presentar los problemas sanitarios de acumulación de residuos en la ciudad, con los efectos sobre el bienestar de la población que los mismos presentan; y de otra, se generan gases y lixiviados que tienen la potencialidad de impactar el aire y las fuentes hídricas durante centurias enteras. En este punto, la dimensión temporal de los impactos adquiere particular importancia, toda vez que la producción de gases y lixiviados va mucho más allá del periodo de operación del sistema de disposición final.

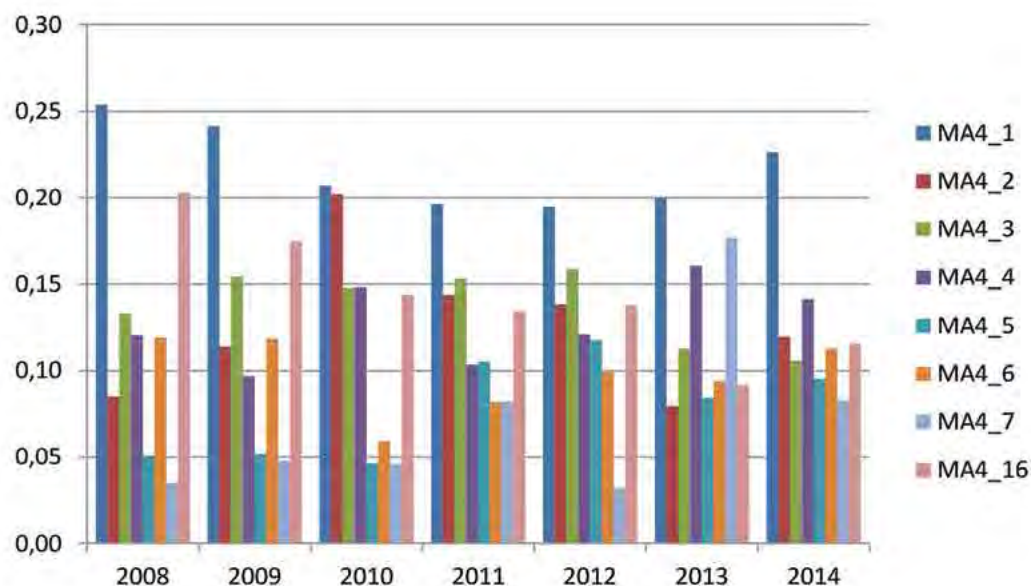
Tabla 5. Importancia relativa de algunas variables ambientales

	MA4 1	MA4 2	MA4 3	MA4 4	MA4 5	MA4 6	MA4 7	MA4 16
2008	0,25	0,09	0,13	0,12	0,05	0,12	0,04	0,20
2009	0,24	0,11	0,15	0,10	0,05	0,12	0,05	0,17
2010	0,21	0,20	0,15	0,15	0,05	0,06	0,05	0,14
2011	0,20	0,14	0,15	0,10	0,11	0,08	0,08	0,13
2012	0,19	0,14	0,16	0,12	0,12	0,10	0,03	0,14
2013	0,20	0,08	0,11	0,16	0,08	0,09	0,18	0,09
2014	0,23	0,12	0,11	0,14	0,10	0,11	0,08	0,12

Fuente: elaboración propia a partir de datos de la encuesta del programa *Cali Cómo Vamos*.

MA4_1: congestión vehicular, MA4_2: contaminación de ríos, MA4_3: calidad de aire, MA4_4: ruido, MA4_5: arborización, MA4_6: reciclaje, MA4_7: contaminación visual y MA16: residuos sólidos.

Figura 10. Importancia relativa de algunas variables ambientales de acuerdo con la percepción ciudadana



Fuente: elaboración propia a partir de datos de la encuesta del programa *Cali Cómo Vamos*.

Elementos para la política ambiental de Cali

Diversas iniciativas que reconocen el papel central de las ciudades en la sostenibilidad ambiental, más aún en el contexto del cambio global y climático, y que pretenden, por ende, disminuir las tasas de disipación de la energía útil de los sistemas urbanos, se vienen implementando en el contexto internacional. Iniciativas tales como *Ciudades Justas*, *Ciudades Sostenibles*, *Ciudades Carbono Neutro*, *Ciudades Verdes*, *Ciudades con Desarrollo Bajo en Carbono*, son muy buenos ejemplos de este propósito mundial. En la misma dirección, el municipio de Cali está encaminando sus esfuerzos hacia estos objetivos, con la intención de constituirse en una ciudad sostenible. A continuación se mencionan algunos elementos que deben ser tenidos en cuenta en la política ambiental municipal.

Inicialmente, en relación con el cambio climático, la política del municipio deberá enfocarse en los siguientes aspectos: primero, reducir las emisiones efecto invernadero; segundo, aumentar la capacidad del territorio para capturar y almacenar carbono.

El valor encontrado para la huella de carbono de la ciudad refleja que el sector transporte es el mayor contribuyente de emisiones de gases efecto invernadero. Para reducir estas emisiones, la política de cambio climático podría tener en cuenta acciones como fortalecer e incentivar el uso del transporte público mejorando su eficiencia,

retirar vehículos por obsolescencia, mejorar la movilidad a través de obras de infraestructura vial. En lo que se refiere al sector industrial, mediante la iniciativa *Cali, Carbono Neutro* se pueden alcanzar importantes resultados, a partir de aumentos progresivos en las eficiencias de los procesos productivos.

Desde la otra orilla del ciclo natural, la capacidad de captura y de almacenamiento de carbono por parte del territorio están directamente relacionadas con la cobertura vegetal territorial, en cuanto a sus características y extensión. El balance de carbono del territorio, es decir, la diferencia entre las emisiones de gases efecto invernadero (expresadas en $\text{CO}_{2\text{equivalente}}$) y la captura y almacenamiento de carbono en un tiempo determinado, evidenció una proporción mucho mayor que las primeras. En general, esta situación es recurrente en el mundo, teniendo en cuenta lo que se ha mencionado de la ciudad como estructura disipadora de energía. Para incrementar, entonces, la capacidad de captura de carbono, se pueden tomar medidas en las siguientes direcciones: recuperar áreas boscosas de las cuencas medias, evitar la deforestación a través de la implementación de un esquema de pago por servicios ambientales.

Ahora, con respecto al recurso agua, el valor de la huella hídrica encontrado es contundente: el uso del agua –para el caso de la ciudad de Cali– de mayor impacto en la disponibilidad del recurso corresponde al medio de transporte para evacuar subproductos y desechos de la más diversa índole. De la mano con lo anterior, el hecho de que el índice de escasez calculado para la ciudad refleje la abundancia del recurso en términos de cantidad, no significa que su disponibilidad también lo sea. Entendiendo la disponibilidad del recurso hídrico para un cierto uso como una función de la cantidad y la calidad, es esta última la que representa el factor limitante.

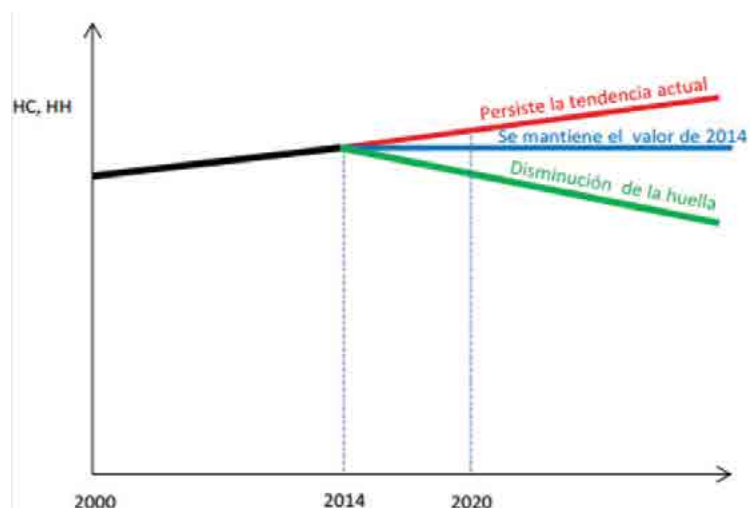
La política del municipio, en este caso, debe enfocarse en dos sentidos: de manera urgente el control de vertimientos, incluyendo el diseño y construcción del tratamiento secundario de la PTAR Cañaveralejo. Este tratamiento repercutiría de manera muy significativa y positiva en el valor de la huella hídrica de la ciudad. El segundo elemento tiene que ver con la recuperación de la capacidad regulatoria de las cuencas hidrográficas.

Desde la perspectiva de la calidad de agua, las sustancias de mayor interés son: la materia orgánica, el nitrógeno y los sólidos suspendidos. Los dos primeros como consecuencia de los vertimientos de aguas residuales domésticas y de contaminación difusa de origen agrícola, mientras el segundo responde a la pérdida del suelo por efectos de

escorrentía, habida cuenta de la alta intervención de las cuencas hidrográficas. A propósito, la pérdida del suelo, por la causa mencionada, ha sido un problema tradicionalmente ignorado, debido a que sus efectos no se perciben en el corto plazo, aunque no por este motivo dejan de ser un problema de escala mayor.

A partir de los lineamientos generales esbozados, la política de cambio climático de Cali deberá, así las cosas, contemplar esfuerzos en la línea de la mitigación, así como en la línea de adaptación. Esquemáticamente, lo anterior se ilustra en las siguientes figuras. En el primer caso, se observa la tendencia de los indicadores relativos a la huella de carbono y a la huella hídrica [valores de estos indicadores en las ordenadas, en función del tiempo (abscisas)]. La tendencia negra refleja la línea base (situación actual), con un valor para el año 2014 ($HC=4.550.683$ t/año CO_2eq y $HH=6.412.741.072$ m^3/s). Frente a esta línea base, se plantean tres posibles escenarios: el primero corresponde a no implementar política alguna y, en consecuencia, continuar con la misma tendencia actual (línea roja), incrementándose anualmente los valores de la huella de carbono y la huella hídrica. Un segundo escenario responde a la implementación de una política ambiental, cuya meta es estabilizar las emisiones de los gases efecto invernadero y los vertimientos de aguas residuales, tomando como referencia el año 2014. Finalmente, el escenario tres se configura a partir de una política ambiental más ambiciosa que busca invertir las tendencias de los indicadores en cuestión, logrando así reducciones en las dos huellas.

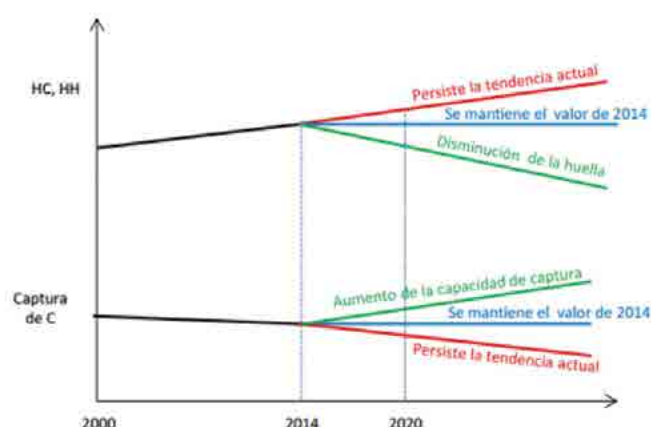
E Figura 11. escenarios de la política de cambio climático para la ciudad de Cali



Fuente: elaboración propia.

Paralelamente, en el marco de esta política se debería buscar un mejoramiento de las coberturas vegetales de las cuencas hidrográficas, y, en general, una recuperación de la oferta ambiental asociada en términos de bienes ecosistémicos, como se aprecia en la Figura 12.

Figura 12. Escenarios de la política de cambio climático para la ciudad de Cali, incluyendo la captura de carbono por parte del territorio



Fuente: elaboración propia.

Para el tercer escenario (tendencia verde), se podrían plantear las siguientes metas, teniendo como horizonte el año 2020:

Tabla 6. Posibles metas para una política de cambio climático de Cali

Indicador	Meta porcentual	Valor a alcanzar
Huella de carbono	Disminución del 5 % 227.534 ton CO ₂ equ/año	4.323.149 CO ₂ equ/año
Huella hídrica	Disminución del 15 % 961.911.161 m ³ /año	5.450.829.911 m ³ /año

Fuente: elaboración propia.

Pasando al tema de los residuos sólidos domésticos, una estrategia acertada en el camino hacia su gestión sostenible debe procurar la minimización de los impactos ambientales generados en la disposición final. Para ello, resulta indispensable garantizar dos elementos: primero, reducir significativamente la cantidad de materia orgánica que llega al relleno sanitario; y segundo, extraer y tratar eficientemente los gases y

lixiviados que se producen al interior de dicho relleno, y, en lo posible, acelerar estos procesos, buscando acortar los impactos ambientales de largo plazo.

En cuanto al primer punto, el país aún se encuentra en un estado muy incipiente, ya que los avances en materia de separación en la fuente, tratamiento y aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos, que son las acciones que permiten reducir la cantidad de materia orgánica que llega a la disposición final, son todavía muy escasos. Se requiere una política de orden nacional que incentive y encamine los esfuerzos hacia esta dirección, toda vez que el orden normativo vigente para el sector sigue enfocado en la disposición final.

En términos de tratamiento de gases y de lixiviados, el país, indudablemente, está avanzando, especialmente en las grandes ciudades. Adicionalmente, se ha dado un paso importante al impulsar la transformación de botaderos informales en rellenos sanitarios, y al cerrar aquellos no aptos para dicha transformación. Resta aún por establecer, con mayor claridad, aspectos asociados con la posoperación de rellenos sanitarios. En este sentido, se deben contemplar opciones técnico-operativas que permitan reducir los periodos de esta fase final, y definir cómo se incluirán estas acciones en la estructura tarifaria.

Intencionalmente, se ha dejado para el final un comentario sobre el tema álgido del abastecimiento de agua potable en la ciudad de Cali. Como se ha mencionado, este es el obstáculo más grande que amenaza la sostenibilidad de la ciudad. Para abordar adecuadamente este problema, no basta una política ambiental municipal, sino que se requiere de un enfoque regional en donde deben dialogar los departamentos del Cauca y del Valle del Cauca y sus respectivas autoridades ambientales. La solución sostenible al abastecimiento de la ciudad de Cali sigue pasando por el río Cauca. Se requiere, eso sí, un trabajo intenso y a largo plazo de recuperación de la cuenca hidrográfica, que trascienda las agendas de las administraciones departamentales.

Referencias

Arévalo, D., Lozano, J. & Sabogal, J. (2011). Estudio nacional de Huella Hídrica Colombia, Sector Agrícola. *Revista Internacional de Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*, 101, 126, 103 -126.

Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente – DAGMA. (2012). *Informe de caracterización de aguas e índice de calidad de agua de los ríos Aguacatal, Cali, Cañaveralejo, Lili, Meléndez y Pance*. Santiago de Cali: DAGMA.

------. (2013). *Datos de vertimientos a las fuentes superficiales en Cali* [información inédita directamente suministrada por el DAGMA mediante correo electrónico]. Santiago de Cali: DAGMA.

Departamento Administrativo de Planeación Municipal Santiago de Cali - DAPM & Universidad del Valle. (2006). *Caracterización de los residuos sólidos residenciales generados en el municipio de Santiago de Cali*. Santiago de Cali: Universidad del Valle.

Instituto de Investigación y Desarrollo en Abastecimiento de Agua, Saneamiento Ambiental y Conservación del Recurso Hídrico – Cinara, Universidad del Valle. (2008). *Urban Water Management for the City of Cali, Diagnosis report, Study Case: Cali*. Colombia: Sustainable Water Improves Tomorrow's Cities' Health SWITCH Project.

Lineweaver, C. & O'Brien, M. (2015). The cosmic context of the Millennium Development Goals: maximum entropy and sustainability. In T. Alured (Ed.), *Nanotechnology toward sustainability*. Singapore: Pan Stanford.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial - República de Colombia. (2010). *Política nacional para la gestión integral del recurso hídrico*. Bogotá D. C.: Diario Oficial.

Svirezhev, Y. (2000). Thermodynamics and ecology. *Ecological Modelling*, 132, 11 – 22.